

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number :

2000-288675

(43)Date of publication of application : 17.10.2000

(51)Int.Cl.

B21J 9/02  
C22F 1/00

(21)Application number : 11-101956

(71)Applicant : AGENCY OF IND SCIENCE &amp;

TECHNOL

NISHIDA YOSHINORI

KUME MASAICHI

IMAI TSUNEMICHI

(22)Date of filing :

09.04.1999

(72)Inventor : NISHIDA YOSHINORI

KUME MASAICHI

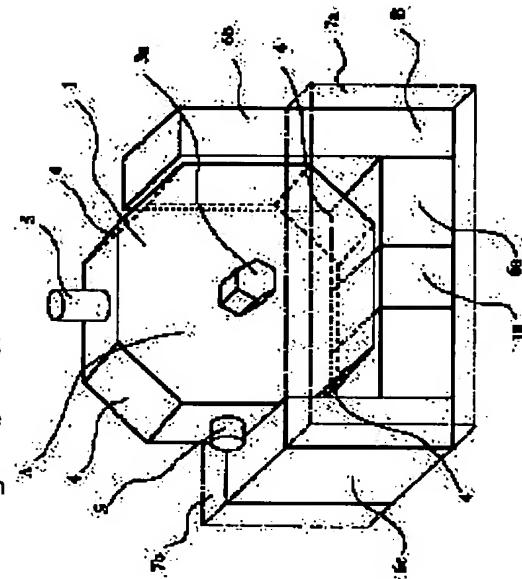
IMAI TSUNEMICHI

## (54) INTENSIVE WORKING DEVICE, INTENSIVE WORKING METHOD AND INTENSIVE WORKING MATERIAL

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a material expressing superplastic characteristics which maintains the initial shape by continuously applying intensive working.

**SOLUTION:** This device is composed of a die A, a supporting mechanism B supporting the die A and a rotational mechanism rotating the die A. The die A is provided with a main body 1, four holes which pass through the main body 1 and cross each other in its internal part and a locking means 3a which locks with the four holes and the rotational mechanism. Punches 5 which slide or are freely slidable relatively to the holes and have the length ranging from the end surface of the main body 1 to the crossing part of the holes are arranged in respective holes. The supporting mechanism B is provided with restricting plates 6a, 6b, 6c which restrict the outer end surface having the holes of the main body 1 and holding plates 7a, 7b which hold the main body 1. The rotational mechanism is provided with a locking means which locks the locking means 3a, a rotating means, a connecting means which connects the locking means with the rotating means, a locking means and a means for rotation. Thus, a metallic material is subjected to intensive work.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

09.04.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3268639

[Date of registration] 18.01.2002  
[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-288675  
(P2000-288675A)

(43)公開日 平成12年10月17日(2000.10.17)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
B 21 J 9/02  
C 22 F 1/00

### 識別記号

F I  
B 2 1 J 9/02  
C 2 2 F 1/00

テ-マコ-ト<sup>+</sup>(参考)  
4 E 0 8 7

(21)出願番号 特願平11-101956  
(22)出願日 平成11年4月9日(1999.4.9)  
特許法第30条第1項適用申請有り 平成11年2月20日  
社団法人日本金属学会発行の「日本金属学会春期大会講演概要(1999)」に発表

(71) 出願人 000001144  
工業技術院長  
東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

(74) 上記1名の指定代理人 220000334  
工業技術院名古屋工業技術研究所長

(71) 出願人 599049772  
西田 義則  
愛知県春日井市高森台1-17-19

(71) 出願人 000164748  
衆 正市  
愛知県津島市鹿伏兎町字二之割150-2

(54) 【発明の名称】 驚加工装置、驚加工法並びに被驚加工金属系材料

(57) 【要約】 (修正有)  
【解決手段】 型A、型Aを支持する支持機構B、型Aを回転せしめる回転機構Cから成り、型Aには、本体1、本体1内を貫通し内部で交差する4つの孔及び回転機構と係止する係止手段3aを設け、孔に対し摺動乃至滑動自在で長さが本体1の端面から孔の交差部に達する長さのパンチ5を各孔に配置し、支持機構Bには、本体1の孔を有する外端面を拘束する拘束板6a、6b、6cと本体1を保持する保持板7a、7bとを設け、回転機構は、係止手段3aと係止せしめる係止手段、回転手段、係止手段と回転手段とを連結する連結手段、係止手段、回転用手段を有することを特徴とする金属系材料の強加工装置、上記装置により金属系材料を強加工する方法、及び強加工方法により強加工してなる金属系材料

【効果】 連続的に強加工を加えることにより、初期形状と変わらず、超塑性特性を表す材料が創製できる。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 型A、該型Aを支持する支持機構B、該型Aを回転せしめる回転機構Cから成り、

該型Aには、型本体1、該型本体1内を貫通し内部で交差する4つの孔2及び該回転機構Cと係止する係止手段3aを設け、該孔2に対し摺動乃至滑動自在で長さが該型本体1の端面から該孔2の交差部に達する長さのパンチ5を各該孔2に配置し、

該支持機構Bには、型本体1の孔2を有する外端面を拘束する拘束板6a、6b、6cと型本体1を保持する保持板7a、7bとを設け、

該回転機構Cは、該係止手段3aと係止せしめる係止手段3b、回転手段8、該係止手段3bと該回転手段8とを連結する連結手段9、該係止手段3b、該回転手段8とを有することを特徴とする金属系材料の強加工装置。

【請求項2】 型Aを押上げる押上機構10を設けたことを特徴とする請求項1に記載の強加工装置。

【請求項3】 請求項1に記載の強加工装置により強加工工程と回転工程を組み合わせて金属系材料を強加工する方法であって、強加工工程が、前記パンチ5の内の押込み自在なる状態の押込みパンチ5を押込み、該押込みパンチ5の押込み量に応じて、前記非拘束状態の非拘束パンチ5が摺動乃至滑動自在に移動することにより、交差する孔で内部の被加工金属系材料11を屈曲せしめる強加工を加える工程からなり、

回転工程が、前記回転機構Cにより前記型Aを90度回転し、該押込みパンチ5が拘束されて拘束パンチ5となり、該非拘束パンチが押込みパンチ5となり、前記拘束パンチ5の内の1つが非拘束パンチ5となる工程からなり、

該強加工手段と該回転手段を交互に繰返すことにより、連続的に繰返し強加工を行うことを特徴とする金属系材料の強加工方法。

【請求項4】 請求項3に記載の方法により強加工を施された金属系材料であって、強加工を施す前の金属系材料を構成する母材の結晶粒子の粒径が100μm以上であり、強加工を施された金属系材料を構成する母材の結晶粒子の粒径が10μm以下であることを特徴とする被強加工金属系材料。

【請求項5】 金属系材料が、アルミニウム系合金、強化物を分散したアルミニウム系合金複合材料又はチタン合金であることを特徴とする請求項4に記載の被強加工金属系材料。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、金属系材料の強加工技術に関するものであり、更に詳しくは、塑性加工が可能な材料、好適には金属系材料、金属系複合材料を型から取り出すことなく連続的に強加工を施すことにより、結晶粒径を微細化する強加工装置、その加工方法、

並びに該連續的強加工を施され、母材の結晶粒子の粒径が10μm以下に微細になった材料に関する。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、多結晶材料において、結晶粒径を微細化することが該材料の強度及び延性の改善に効果的であることがよく知られている。そのため、従来、金属系材料に代表される塑性加工が可能な材料では、再結晶温度以上の高温下で押出しや圧延による塑性加工により結晶粒の破壊と再結晶を生じさせ、結晶粒径の微細化が図られてきた。しかし、被加工材料が、押出し加工では線材化、圧延加工では薄板化するなど加工後の形状に制限が生じたため、その形状に起因して加工後の利用に制限があった。

## 【0003】これに対し、Equal-Channel

Angular Pressing (ECPA) 法は、被加工材料の融点以下の温度の下で、貫通孔が途中である角度で曲がった屈曲孔の中に被加工材料を通過させることによりせん断変形を加える方法であり、材料の加工前後の外観形状を殆ど変えることなく強い塑性加工を行い、被加工材料を構成する結晶の微細化を図ることができる加工方法である。該加工方法は、例えば、堀田らの報告（まりあ、37巻、767～774（1998））の、特にその中の図面にあるようなプロセスを言う。

【0004】該加工方法は、上記図面に詳しいように、屈曲した孔に被加工材料を通過させる方法であるが、一度通過させるだけでは、該材料を構成する結晶の微細化は不十分であり、少なくとも数回、通常10回以上該強加工を繰返さなければならない。つまり、常に加工温度に高めてから被加工材料を該屈曲した孔に通過させなければならない。従って、被加工材料が該屈曲孔通過後、型出口から取出して該型挿入口に挿入することを繰返さなければならず、該型から取出すときに必然的に被加工材料の温度が低下するため、該型に挿入後加工温度まで加熱しなければならない。

【0005】このために、被加工材料の温度制御が煩わしいのみならず、該被加工材料の温度低下に見合う熱エネルギーを加工毎に要するため、非経済的で且つ加工温度に到達するまで待機しなければならないために時間を浪費して非効率的であるという問題があった。しかも、被加工材料が大気に曝されるために、材料によっては酸化が避けられず、また、加工作業者が火傷の危険にも曝されていた。従って、上記強い塑性加工を繰返すために屈曲した孔を持つ型から一回一回取出すことなく、型の内部に被加工材料を留めた状態で連続的に上記強塑性加工を加えることのできる装置及び方法の開発が強く望まれていた。

【0006】一方、メカニカルアロイング法として、直徑が異なる連続した孔の中を繰返し出し入れすることにより、材料の形状を薄片化或いは線材化することなく強

3  
加工を加える方法がある（相澤ら、金属、vol. 65 (1995) 1155-1161）が、元々メカニカルアロイング法としているところから明白な通り、粉末状のサンプルに対して処理するものであるため、本発明の強加工法とは似て非なるものであるのみならず、小孔から大孔に移る際に材料表面に亀裂が入る可能性があり、また、その非処理材に与える加工エネルギーが大きくないために材料によっては何百回も繰り返し加工を加えなければならず、処理に膨大な時間を要するために非効率的であるという問題がある。

【0007】また、上下・左右をそれぞれ交互に押込み・引き抜きをすることにより、材料に強加工を加える方法がある（藤田ら、金属、vol. 65 (1995) 1143-1154）が、この方法も前記相澤らと同様、メカニカルアロイング法に関するものであり、しかも、該方法は必然的に被加工材が軸方向に2分割されることからバルク材の加工方法としては全く相応しくないため、該方法では上記問題を解決する手段とはなり得ず、従って、上記問題を解決する手段が渴望されていた。

尚、ECPA法における孔の屈曲角度は120度前後と90度付近について被加工材料へ付与できる強加工の程度についても研究がなされ、90度の方がより強く強加工が与えられることが分かっている。

#### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】このような状況の中で、本発明者らは、上記従来技術に鑑みて、強加工を加え材料を型から取り出すことなく、型内で連続的に加工を続けられる方法を開発することを目標として鋭意研究を積み重ねた結果、後記する構成からなる装置を用いることにより、試料の型への再挿入の操作が要らずに強加工を続けることができることを見出し、本発明を完成するに至った。本発明は、強加工を加えた材料を型から取り出すことなく、型内で連続的に強加工を続けることが可能な金属系材料の強加工装置、その加工方法、並びに該強加工を加えて結晶粒を微細化してなる材料を提供することを目的とするものである。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するための本発明は、以下の技術的手段から構成される。

(1) 型A、該型Aを支持する支持機構B、該型Aを回転せしめる回転機構Cから成り、該型Aには、型本体1、該型本体1内を貫通し内部で交差する4つの孔2及び該回転機構Cと係止する係止手段3aを設け、該孔2に対し摺動乃至滑動自在で長さが該型本体1の端面から該孔2の交差部に達する長さのパンチ5を各該孔2に配置し、該支持機構Bには、型本体1の孔2を有する外端面を拘束する拘束板6a、6b、6cと型本体1を保持する保持板7a、7bとを設け、該回転機構Cは、該係止手段3aと係止せしめる係止手段3b、回転手段8、を有し、好ましくは、該型Aを押上げる押上機構10を設けたことを特徴とする強加工装置である。また、本発明の方法は、上記装置により強加工工程と回転工程を組み合わせて材料を強加工する方法であって、強加工工程が、前記パンチ5の内の押込み自在なる状態でなる押込みパンチ5を押込み、該押込みパンチの押込み量に応じて、前記非拘束状態の非拘束パンチ5が摺動乃至滑動自在に移動することにより、交差する孔で内部の被加工金属系材料11が屈曲する強加工を加える工程からな

段9、該係止手段3b、該回転手段8を有することを特徴とする金属系材料の強加工装置。

(2) 型Aを押上げる押上機構10を設けたことを特徴とする前記(1)の強加工装置。

(3) 前記(1)の強加工装置により強加工工程と回転工程を組み合わせて金属系材料を強加工する方法であつて、強加工工程が、前記パンチ5の内の押込み自在なる状態の押込みパンチ5を押込み、該押込みパンチ5の押込み量に応じて、前記非拘束状態の非拘束パンチ5が摺

10 動乃至滑動自在に移動することにより、交差する孔で内部の被加工金属系材料11を屈曲せしめる強加工を加える工程からなり、回転工程が、前記回転機構Cにより前記型Aを90度回転し、該押込みパンチ5が拘束されて拘束パンチ5となり、該非拘束パンチが押込みパンチ5となり、前記拘束パンチ5の内の1つが非拘束パンチ5となる工程からなり、該強加工手段と該回転手段を交互に繰返すことにより、連続的に繰返し強加工を行うことを特徴とする金属系材料の強加工方法。

(4) 前記(3)の方法により強加工を施された金属系材料であつて、強加工を施す前の金属系材料を構成する母材の結晶粒子の粒径が100μm以上であり、強加工を施された金属系材料を構成する母材の結晶粒子の粒径が10μm以下であることを特徴とする被強加工金属系材料。

(5) 金属系材料が、アルミニウム系合金、強化物を分散したアルミニウム系合金複合材料又はチタン合金であることを特徴とする前記(4)の被強加工金属系材料。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】次に、本発明について更に詳細に説明する。上記の課題を解決するために、本発明者らが開発した本発明の装置は、図1、図2及び図3に示すように、型A、該型Aを支持する支持機構B及び該型Aを回転せしめる回転機構Cから成り、該型Aには、型本体1、該型本体1内を貫通し内部で交差する孔2、及び該回転機構Cと係止する係止手段3aを設け、該孔2に対し摺動乃至滑動自在で長さが該型本体1の端面から該孔2の交差部に達する長さのパンチ5を各該孔2に配置し、該支持機構Bには、型本体1の孔2を有する外端面を拘束する拘束板6a、6b、6cと型本体1を保持する保持板7a、7bとを設け、該回転機構Cは、該係止手段3aと係止せしめる係止手段3b、回転手段8、

40 を有し、好ましくは、該型Aを押上げる押上機構10を設けたことを特徴とする強加工装置である。また、本発明の方法は、上記装置により強加工工程と回転工程を組み合わせて材料を強加工する方法であつて、強加工工程が、前記パンチ5の内の押込み自在なる状態でなる押込みパンチ5を押込み、該押込みパンチの押込み量に応じて、前記非拘束状態の非拘束パンチ5が摺動乃至滑動自在に移動することにより、交差する孔で内部の被加工金属系材料11が屈曲する強加工を加える工程からな

り、回転工程が、前記回動機構Cにより前記型Aを90度回転し該押込みパンチ5が拘束パンチ5となり、該非拘束パンチ5が押込みパンチ5となり、前記拘束パンチ5の内の1つが非拘束パンチ5となる工程からなり、該強加工手段と該回転手段を交互に繰返すことにより、連続的に繰返し強加工を行うことを特徴とする強加工方法である。

【0011】本強加工装置及び本強加工方法によれば、前記押込みパンチ5を押込み、該押込みパンチ5の押込み量に応じて前記非拘束パンチ5が摺動乃至滑動自在に移動することにより内部の被強加工材料11が型本体1内の交差する孔で屈曲する強加工を加えることができる。該押込みパンチ5を型本体1の孔2を有する外端面と同じ高さまで押込み後、図3のように前記押上機構10により型Aを押上げ、前記回転機構Cにより型Aを90度回転することにより、該押込みパンチ5が拘束パンチ5となり、当該非拘束パンチ5が押込みパンチ5となり、前記拘束パンチ5の内の1つが非拘束パンチ5となるため、この工程によって、新たに押込みパンチ5となったパンチを押込むことが可能となり、これによって、被加工材料11を取り出すことなく型本体1内で該被加工材料11に連続的に強加工を施すことができ、連続的な強加工方法による加工が可能となる。このとき、型本体1の中心から孔2を有する外端面までと孔2を有さない外端面4までとの長さが異なるために、回転中に係止手段3aの高さが変化するが、該回転機構Cの内、例えば連結手段9と該連結手段9を支持するスタンドに縦長の孔を開けて、その孔に該連結手段9を通すか、あるいはスタンドが上下にスライドして可動の機構を設けておくことにより、何ら問題なくスムーズに型本体を回転させることができる。

【0012】以上により、型本体1を90度回転させて次に取りかかれるため、一々被加工材を取り出す必要がなくなり、更に、被加工材を再加熱する必要もなく、該再加熱に要するエネルギーと時間の浪費もなくなるため、経済的、高能率、且つ安全に連続的に強加工を施すことができる。本強加工装置及び本強加工法によれば、被加工材料に例えばアルミニウム系合金材料を用いた場合、铸造によって製造されたためデンドライト構造の結晶粒径が数100μmと非常に大きいものが、加工温度350℃～450℃において僅か10回まで加工を加えることで、5～10μmにまで減少した。これを450℃で歪み速度 $6 \times 10^{-4}$ ～ $1.2 \times 10^{-2}$ の範囲で引張試験を行ったところ、超塑性特性の重要な指標の一つであるm値が0.2前後で、全伸びが約120%であった。このことから、デンドライト組織を有するに元々超塑性が全く期待できない铸造材でも本発明の強加工装置を用い本発明の強加工法により連続的に強加工を僅か10回程度加えることによって、超塑性発現材料を創製できることが明らかとなった。

[0 0 1 3]

【作用】本発明の好適な例を図面に基づいてより詳しく説明すると、図4、図5に示すように断面積の等しい十字形状の貫通孔2が空いている型本体1の該孔2に、等しい長さのパンチ5を挿入し、該4つの孔2の内、拘束板6a、6bに接するパンチ5を拘束し、残りの2個のパンチは非拘束状態とし、そのうちのひとつである押込みパンチ5は抜いた状態にしておく。

【0014】この状態で被加工材料として、被強加工金

10 属系材料 1 1 を、押込みパンチ 5 が入るべき孔 2 に挿入し、その後、押込みパンチ 5 を該孔 2 に挿入し、該押込みパンチ 5 を上部より加圧して押込むと、被強加工材料 1 1 が非拘束状態のパンチ 5 の方向に押し出される。このとき、被強加工材料 1 1 は該交差する孔で強いせん断加工を受ける。該押込みパンチ 5 を型本体 1 の外端面と同じ高さまで押込むと、そこで該押込みパンチ 5 の押込みを止める。次に、好適な例として、該拘束板 6 a に型 A を押上げる押上機構 1 0 を設け、前記図 3 に示すように、該押上機構 1 0 により型 A を押上げ、前記回転機構 20 C により、該回転機構 C と係止する型本体 1 の係止手段 3 a に該回転機構 C の係止手段 3 b と係止せしめ、該回転機構 C により型 A を 90 度回転させ、該押上機構 1 0 を戻して型 A を元の位置に戻すと、図 5 (c) のように該押込みパンチ 5 及び該拘束パンチ 5 がそれぞれ拘束板 6 b 及び 6 a に接し、該押込みパンチ 5 が非拘束状態となり、前記非拘束パンチ 5 が押込み自在なる状態となる。

30 【0015】これにより、各パンチの状態が 90 度づつ移動したのみで、図 5 (a) と全く同じ状態が再現されたことになり、以上の工程を繰返すことにより、限界なく必要なだけ連続的に被強加工材料に強せん断加工を繰返し施すことができる。しかも、被強加工材料には、屈曲方向が反転して 180 度づつ交互に強加工が加えられるため、せん断加工の効率が非常に高いという特徴もある。このため、上記必要なだけ限界なく、と述べたが、通常 10 回程度、多くとも 20 回程度繰返すのみで大変微細な結晶粒からなる被強加工材料が得られる。以上は、一回転方向のみについて述べたが、以上の機構を鏡面対称の配置及び手順にして、上記とは逆の方向に型 A 40 を回転せしめる機構としても全く同じ効果が発揮されることは言うまでもない。また、型本体 1 は、その外形が便宜的に八角形状としてあるが、該外形において、孔 2 を有さない外端面 4 は、該交差する孔を中心とする円弧状とすると前記回転がよりスムーズとなり好ましい。更に、図 6、図 7 に示すように、型本体 1 の外形を厚肉の円板状とすると、前記押上機構 1 0 、並びに押上工程が不要となり、より高効率に強加工を行うことができる。この場合、各孔が所定の位置で停まるように、ピン 1 2 50 や楔などのストップ機構を設けることが好適であることは言うまでもない。

【0016】以上により、被強加工材料を薄片化、細線化させることなく、バルク状態のままで、且つ型から取り出すことなく連続的に強加工を加えることができる。これによって、動的又は静的回復・再結晶の組み合わせを起こし、被強加工材料の結晶粒の微細化が実現する。

【0017】以下に、本発明の構成要素について更に説明する。

#### 型本体

型材料は、その使用温度、つまり被加工材料の種類に応じて種々選択可能である。被加工材料が低融点のアルミニウム系金属の場合は、SKD材、好適にはSKD61材がよい。被加工材が銅合金やチタン系材の場合はMDC材が好適である。型の外観形状は簡略化のために、その断面は多角形になっているが、上記のとおり各角部は可能な限り取り除いて円形に近い方が好適である。孔の断面形状は、被加工材に求められる加工後の形状に応じて決めることができる。一般には、丸形でよいが、必要に応じて4角形を初めとする多角形の形状とすることができる。

#### 【0018】パンチ

パンチ材料は、型材料と同様、その使用温度、つまり被加工材料の種類に応じて種々選択可能である。被加工材が低融点のアルミニウム系金属の場合は、SKD材、好適にはSKD61材でよい。銅合金やチタン系材の場合はMDC材が好適である。パンチの外観形状は、被加工材に求められる加工後の形状に応じて決めることができ、型の形状に合わせる。一般には、丸形でよいが、必要に応じて4角形を初めとする多角形の形状とすることができます。型の孔とのクリアランスは被加工材料の種類、強加工温度などに応じて種々の状態とすることができる。一般には、被加工材の焼付き、食込みなどを考慮して、0.1~0.3μmが好適である。

#### 【0019】支持機構

支持機構は、通常は型本体と共に被加工温度に晒されるため、ある程度の耐熱性があった方がよい。

#### 【0020】回転機構

型本体、被加工材料、パンチを90度に回転できる機構であれば、制限はない。ここでは、好適な例として、型本体1の回転中心付近に六角状の出っ張り（六角ボルトの頭部）を設け、それにフィットする六角レンチと、そのレンチを支えるスタンドを設けている。また、スタンドには係止手段3b、回転手段8及び連結手段9を上下動できるスライド機構が設けてある。

#### 【0021】被強加工金属系材料

本発明において、強加工を加える被加工材は、塑性加工が可能な材料であればよく、基本的に材質に制限はないが、比較的低融点で非鉄系金属材料の鋳造材や、高硬度な粒子が分散され、後加工が困難な該非鉄系金属材料の複合材などが好適である。本発明の強加工は、例えば、

マグネシウム系合金、強化粒子やウィスカーを分散したマグネシウム系合金、アルミニウム系合金や、強化粒子やウィスカーを分散したアルミニウム系合金複合材料、チタン系合金や銅合金などに適用できる。

#### 【0022】

【実施例】以下、実施例に基づいて本発明を詳細に説明するが、該実施例は本発明の好適な一例を示すものであり、本発明は該実施例によって何ら限定されるものではない。被加工材にはAC4C合金を使用し、これを旋盤で直径20mm×長さ40mmの円柱形に加工し、押し出しをスムーズに行えるようにその外表面に潤滑剤として黒鉛を塗布した。加工温度は623K、673K、723K、加工回数は、6回、10回、20回とした。その結晶粒径は、図8の図面代用光学顕微鏡写真に示す通り、各々約100μm、約50μm、約5μmであった。更に、高温の塑性特性を調べるために引張速度を変えて試験を行った。その結果、表1に示すようにひずみ速度感受性指数m値が0.21で、超塑性に近い特性を示した。比較に、出発材料が同一の材料で本発明の強加工装置による加工を全く加えない材料の同様の引張試験の結果、全伸びは僅か25%であった。

#### 【0023】

##### 【表1】

ひずみ速度 (1/s)	伸び(%)
$6 \times 10^{-4}$	111
$2.5 \times 10^{-3}$	79
$8 \times 10^{-3}$	126
$1.2 \times 10^{-2}$	96

#### 【0024】実施例2

被加工材には、窒化ケイ素ウィスカーを27%分散強化した2024アルミニウム合金複合材料を用いた。実施例1と同様に種々の条件で強加工を施し、460℃~540℃の範囲で高温引っ張り試験を行った。表2の通りの伸びを示し、m値は0.34となり、超塑性を示した。比較に、出発材料が同一の材料で本発明の強加工装置による加工を全く加えない材料の同様の引張試験の結果、全伸びは室温時僅か2%、450℃時10%であった。

#### 【0025】

##### 【表2】

ひずみ速度 (1/s)	伸び(%)
$4 \times 10^{-2}$	100
$1 \times 10^{-1}$	130
$2 \times 10^{-1}$	148
$4 \times 10^{-1}$	149
$9 \times 10^{-1}$	125

## 【0026】実施例3

被加工材には、Ti-6Al-4Vのチタン合金を用いた。実施例1と略同様に650℃の条件で5回強加工を施した結果、平均粒径を約3μmに微細化することができ、超塑性を発現させることができた。

## 【0027】

【発明の効果】以上のように、本発明の強加工装置により、従来、全く塑性特性の優れなかった材料を高効率に、高能率に、且つ安全に連続的に強加工を加えることが可能であり、これにより、初期形状と変わらず、超塑性特性を表す材料を創製することができる。また、従来、鋳造材では優れた塑性特性を付与することが大変困難で、たとえできたとしても非効率的であったが、本発明の強加工装置により、高効率に、高能率、且つ安全に強加工を行えるようになったので、工業生産上のメリットが頗る大きい。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】保持板と回転機構Cを除いた状態の強加工装置の外観図である。

10

\* 【図2】強加工装置の側面図である。

【図3】押上機構10により型Aを押し上げた状態で型Aを回転せしめ得る状態の強加工装置の側面図である。

【図4】保持板と回転機構Cを除いた状態で、型本体内の孔、被強加工金属材料及びパンチを透視した状態の強加工装置の外観図である。

【図5】強加工工程の概略を示す横断面図である。

【図6】強加工装置の変形例で、保持板と回転機構Cを除いた状態で型本体が厚肉円板形状の外観図である。

10

【図7】型本体が厚肉円板形状の強加工装置の側面図である。

【図8】強加工前後の金属材料の微組織を示す図面代用光学顕微鏡写真である((a) : 強加工前、(b) : 強加工回数6回、(c) : 強加工回数10回、(d) : 強加工回数20回)。

## 【符号の説明】

A 型

B 支持機構

C 回転機構

20 1 型本体

2 孔

3a, 3b 係止手段

4 孔2を有さない外端面

5 パンチ

6 拘束板

7 保持板

8 回転手段

9 連結手段

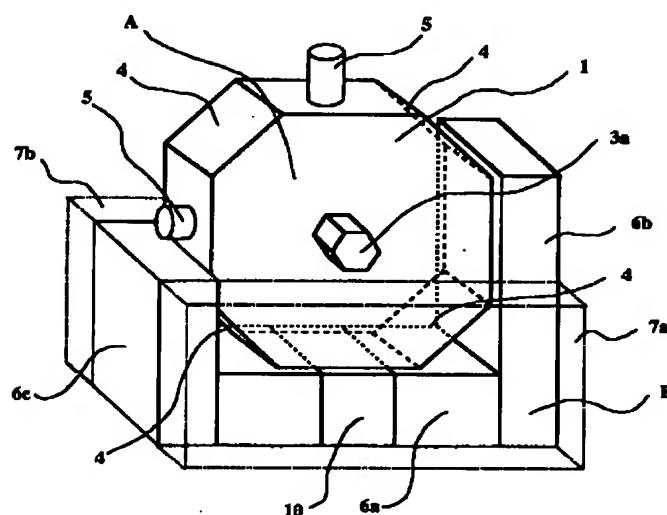
10 押上機構

11 被強加工金属系材料

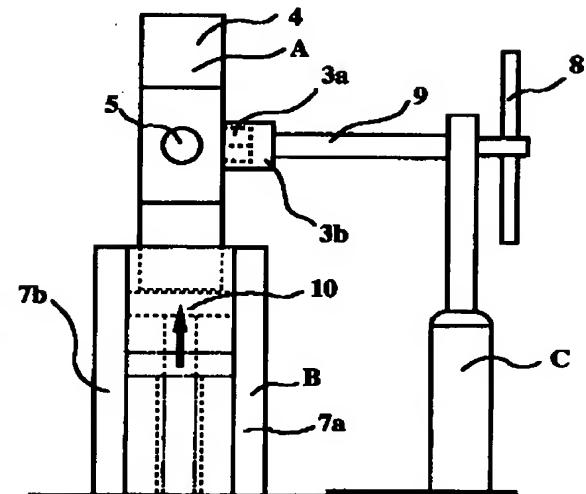
12 回転止めピン

\*

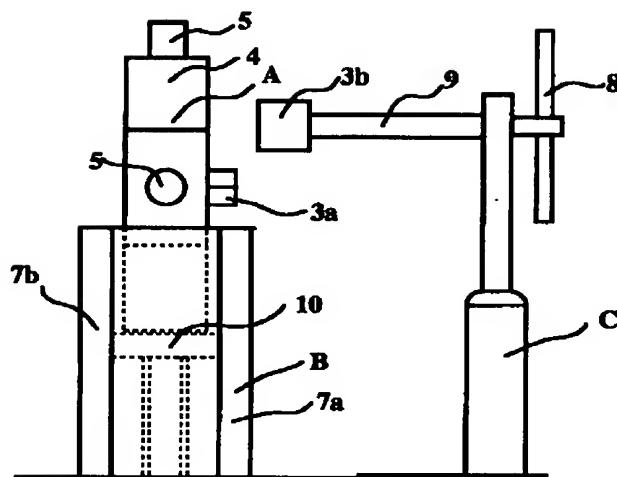
【図1】



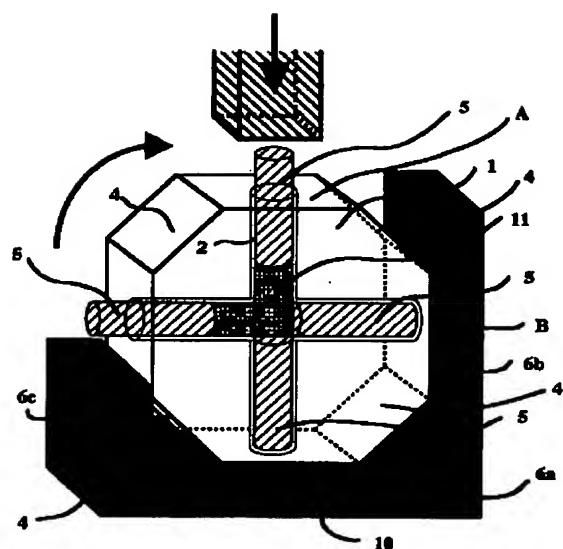
【図3】



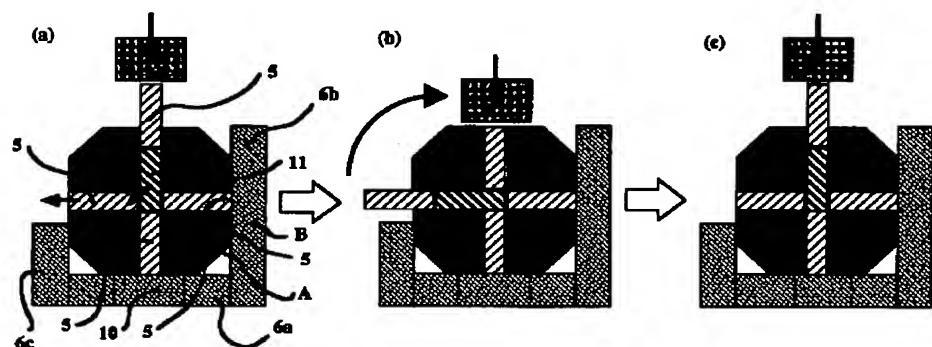
【図2】



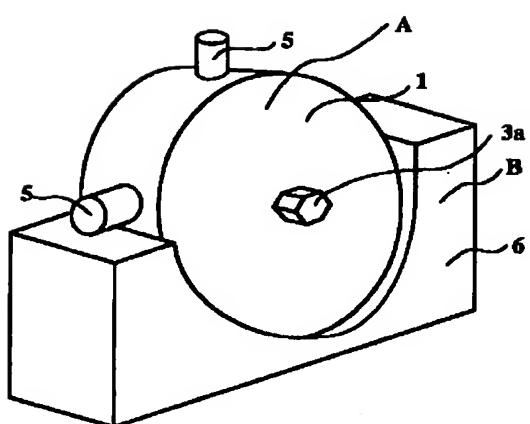
[図4]



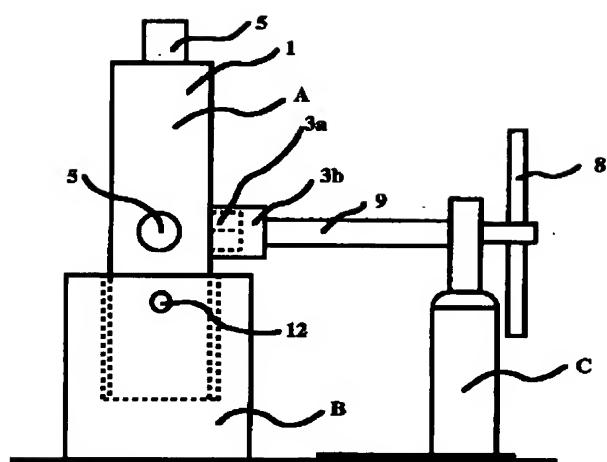
【図5】



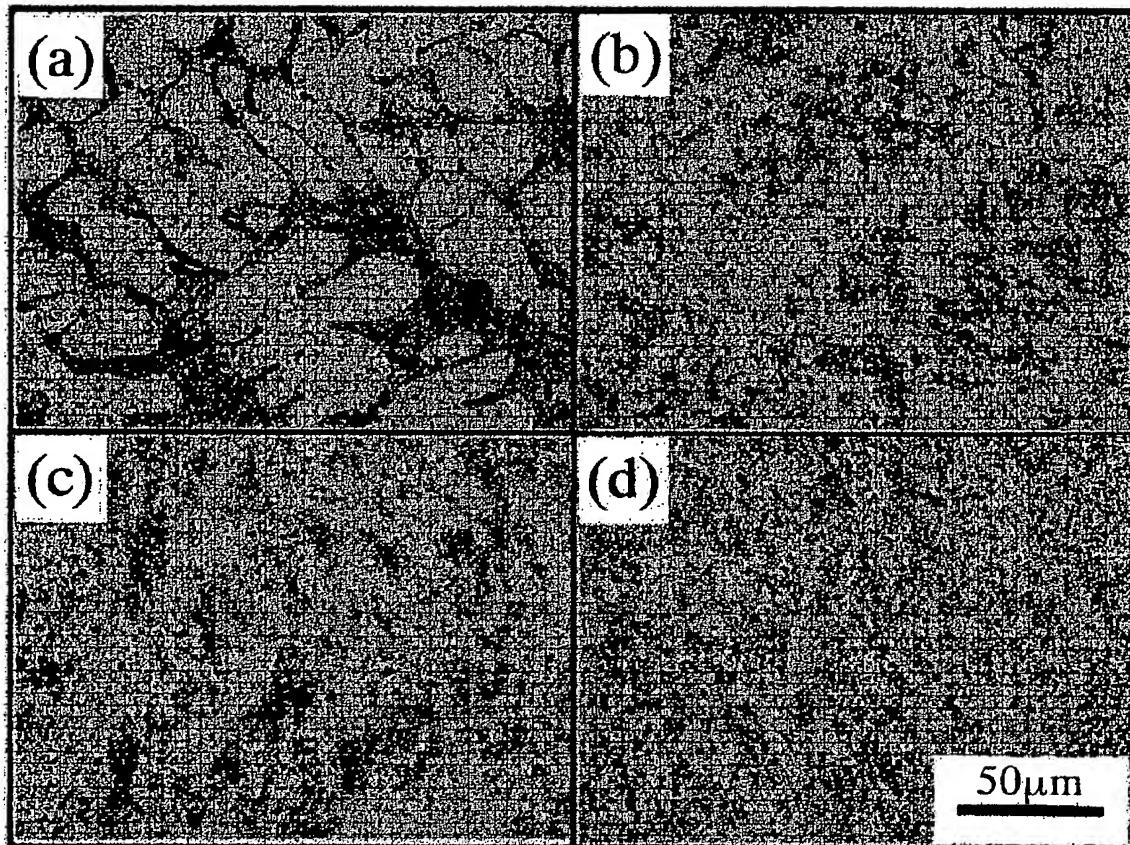
【図6】



【図7】



【図8】



## 【手続補正書】

【提出日】平成12年4月28日(2000.4.28)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

## 【補正内容】

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 型A、該型Aを支持する支持機構B、該型Aを回転せしめる回転機構Cから成り、

該型Aには、型本体1、該型本体1内を貫通し内部で交差する4つの孔2及び該回転機構Cと係止する係止手段3aを設け、該孔2に対し摺動乃至滑動自在で長さが該型本体1の端面から該孔2の交差部に達する長さのパンチ5を各該孔2に配置し、

該支持機構Bには、型本体1の孔2を有する外端面を拘束する拘束板6a、6b、6cと型本体1を保持する保持板7a、7bとを設け、上記4つの孔2の内、拘束

板6a、6bに接するパンチ5を拘束し、残りの2個のパンチは非拘束状態とし、

該回転機構Cは、該係止手段3aと係止せしめる係止手段3b、回転手段8、該係止手段3bと該回転手段8とを連結する連結手段9を有し、

上記4つの孔2に配置した4つのパンチ5の内の押込み自在なる状態の押込パンチを押込み、該押込みパンチの押込み量に応じて、非拘束状態の非拘束パンチが摺動乃至滑動自在に移動することにより、交差する孔で内部の被強加金属系材料11が屈曲する強加工を加えるようにしたことを特徴とする金属系材料の強加工装置。

【請求項2】 型Aを押上げる押上機構10を設けたことを特徴とする請求項1に記載の強加工装置。

【請求項3】 請求項1に記載の強加工装置により強加工工程と回転工程を組み合わせて金属系材料を強加工する方法であって、強加工工程が、前記パンチ5の内の押込み自在なる状態の押込パンチ5を押込み、該押込みパンチ5の押込み量に応じて、前記非拘束状態の非拘束

パンチ5が摺動乃至滑動自在に移動することにより、交差する孔で内部の被加工金属系材料11を屈曲せしめる強加工を加える工程からなり、

回転工程が、前記回転機構Cにより前記型Aを90度回転し、該押込みパンチ5が拘束されて拘束パンチ5となり、該非拘束パンチが押込みパンチ5となり、前記拘束パンチ5の内の1つが非拘束パンチ5となる工程からなり、

該強加工手段と該回転手段を交互に繰返すことにより、連続的に繰返し強加工を行うことを特徴とする金属系材料の強加工方法。

【請求項4】 請求項3に記載の方法により強加工を施された金属系材料であって、強加工を施す前の金属系材料を構成する母材の結晶粒子の粒径が100μm以上であり、強加工を施された金属系材料を構成する母材の結晶粒子の粒径が10μm以下であることを特徴とする被強加工金属系材料。

【請求項5】 金属系材料が、アルミニウム系合金、強化物を分散したアルミニウム系合金複合材料又はチタン合金であることを特徴とする請求項4に記載の被強加工金属系材料。

#### 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0003

【補正方法】変更

【補正内容】

【0003】これに対し、Equal-Channel Angular Pressing (ECAP) 法は、被加工材料の融点以下の温度の下で、貫通孔が途中である角度で曲がった屈曲孔の中に被加工材料を通過させることによりせん断変形を加える方法であり、材料の加工前後の外観形状を殆ど変えることなく強い塑性加工を行い、被加工材料を構成する結晶の微細化を図ることができる加工方法である。該加工方法は、例えば、堀田らの報告（までりあ、37巻、767～774（1998））の、特にその中の図面にあるようなプロセスを言う。

#### 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するための本発明は、以下の技術的手段から構成される。

（1）型A、該型Aを支持する支持機構B、該型Aを回転せしめる回転機構Cから成り、該型Aには、型本体1、該型本体1内を貫通し内部で交差する4つの孔2及び該回転機構Cと係止する係止手段3aを設け、該孔2に対し摺動乃至滑動自在で長さが該型本体1の端面から

該孔2の交差部に達する長さのパンチ5を各該孔2に配置し、該支持機構Bには、型本体1の孔2を有する外端面を拘束する拘束板6a、6b、6cと型本体1を保持する保持板7a、7bとを設け、上記4つの孔2の内、拘束板6a、6bに接するパンチ5を拘束し、残りの2個のパンチは非拘束状態とし、該回転機構Cは、該係止手段3aと係止せしめる係止手段3b、回転手段8、該係止手段3bと該回転手段8とを連結する連結手段9を有し、上記4つの孔2に配置した4つのパンチ5の内の押込み自在なる状態の押込パンチを押込み、該押込パンチの押込み量に応じて、非拘束状態の非拘束パンチが摺動乃至滑動自在に移動することにより、交差する孔で内部の被強加工金属系材料11が屈曲する強加工を加えるようにしたことを特徴とする金属系材料の強加工装置。

（2）型Aを押上げる押上機構10を設けたことを特徴とする前記（1）の強加工装置。

（3）前記（1）の強加工装置により強加工工程と回転工程を組み合わせて金属系材料を強加工する方法であつて、強加工工程が、前記パンチ5の内の押込み自在なる状態の押込パンチ5を押込み、該押込パンチ5の押込み量に応じて、前記非拘束状態の非拘束パンチ5が摺動乃至滑動自在に移動することにより、交差する孔で内部の被加工金属系材料11を屈曲せしめる強加工を加える工程からなり、回転工程が、前記回転機構Cにより前記型Aを90度回転し、該押込パンチ5が拘束されて拘束パンチ5となり、該非拘束パンチが押込みパンチ5となり、前記拘束パンチ5の内の1つが非拘束パンチ5となる工程からなり、該強加工手段と該回転手段を交互に繰返すことにより、連続的に繰返し強加工を行うことを特徴とする金属系材料の強加工方法。

（4）前記（3）の方法により強加工を施された金属系材料であつて、強加工を施す前の金属系材料を構成する母材の結晶粒子の粒径が100μm以上であり、強加工を施された金属系材料を構成する母材の結晶粒子の粒径が10μm以下であることを特徴とする被強加工金属系材料。

（5）金属系材料が、アルミニウム系合金、強化物を分散したアルミニウム系合金複合材料又はチタン合金であることを特徴とする前記（4）の被強加工金属系材料。

#### 【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】パンチ

パンチ材料は、型材料と同様、その使用温度、つまり被加工材料の種類に応じて種々選択可能である。被加工材料が低融点のアルミニウム系金属の場合は、SKD材、好適にはSKD61材でよい。銅合金やチタン系材の場

合はM D C K材が好適である。パンチの外観形状は、被加工材に求められる加工後の形状に応じて決めることができ、型の形状に合わせる。一般には、丸形でよいが、必要に応じて4角形を初めとする多角形の形状とすること\*

\* とができる。型の孔とのクリアランスは被加工材料の種類、強加工温度などに応じて種々の状態とすることができる。一般には、被加工材の焼付き、食込みなどを考慮して、0.1～0.3mmが好適である。

---

### フロントページの続き

(71) 出願人 599049783

今井 恒道

愛知県名古屋市北区尾上町1-2 尾上団  
地6-503

(72) 発明者 西田 義則

愛知県春日井市高森台1-17-19

(72) 発明者 糸 正市

愛知県津島市鹿伏兎町上春日台4-17

(72) 発明者 今井 恒道

愛知県名古屋市北区尾上町1-2 尾上団  
地6-503

Fターム(参考) 4E087 AA10 BA03 BA04 BA05 BA15

BA23 BA24 CA41 EA00 EA41

EB03 EB10 EC01 GB01